Journal of Iranian Plant Protection Research
https://jpp.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 36, No. 4, Winter 2023, p. 481-498

Effect of Salinity and Drought Stresses on Rhizome Bud Sprouting of Giant Reed (*Arundo donax*) under Different Temperature Conditions

M. Elahinejad[1], Gh. Asadi[2*], R. Tavakolafshari[3]

Received: 16-05-2022
Revised: 12-09-2022
Accepted: 13-09-2022
Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:
Elahinejad, M., Asadi, GH., & Tavakolafshari, R. (2023). Effect of Salinity and Drought Stresses on Rhizome Bud Sprouting of Giant Reed (*Arundo donax*) under Different Temperature Conditions. *Journal of Iranian Plant Protection Research 36*(4): 481-498. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/jpp.2022.76744.1092

Introduction

The competition of different weed species with native species for ecosystem resources is a serious threat to reduce global biodiversity. Among the invasive species, *Arundo donax* is considered one of the most invasive invasive plant species in coasts, rivers and temperate regions. Knowing the relationship between changes in environmental conditions and climate change and *Arundo donax* with respect to the growth of native coastal species, as well as understanding the water wastage by this plant compared to native coastal plants, is vital to eliminate this plant in the current situation where there is drought in most areas.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of drought and salinity treatment on the sprouting stages and growth time of rhizomes of *Arundo donax* an experiment was performed using rhizomes collected from Gorgan ecotype and in a completely randomized design with 4 replications in the growth chamber separately at 5 temperature levels (5, 10, 15, 20, 25 and 30 °C) at Ferdowsi University of Mashhad in 2020. Experimental treatments included different levels of drought stress {0 (distilled water), 0.4, -0.8 and -0.12 MPa} and different levels of salinity stress {0 (distilled water), 4, 8 and 12 dS. m}.

Results and Discussion

The general results of the experiment showed that increased levels of salinity and drought decreases the sprouting rate of rhizomes. The results also showed that sprouting of the rhizomes of the reed plant is possible from 5 °C to 30 °C, but the greatest sprouting rates occurred with the control treatment (no stress) at 15 °C (75%) and 20 ° C (66%) respectively. The lowest sprouting percentage (4%) was observed with 15 and 30 °C under the maximum salinity and drought levels. Sprouting percentage and other corresponding indices decreased with decreasing temperature from 15 °C to 5 °C, the same trend was observed with increasing temperature from 20 °C to 30 C, which shows that the best The temperature for the growth of reed rhizome buds is between 15 and 20 °C. The effect of salinity and drought on sprouting at different temperatures showed that with increasing salinity and drought stress level, the sprouting rate decreases, but with increasing drought level, the sprouting percentage decreased more than the salinity level and decreased the growth of reed rhizome buds more. Was affected by increasing soil dryness. The results of sprouting rate and sprouting percentage under environmental stresses also indicated that drought stress more than salinity stress can affect the growth of reed rhizome buds, in other words, this plant is more sensitive to drought stress. It is somewhat resistant to salinity stress, and perhaps this is why the abundance of this plant in the northern regions of Iran is higher than other regions. The triple interaction effect of salinity, dryness and temperature was significant in all parameters except the adjusted germination rate at the 99% probability level, which shows that the germination of the rhizome of *Arundo donax* plant is strongly affected by dryness, salinity and different temperatures and the existence of each of these

1, 2 and 3– Ph.D Student, Associate Professor and Professors in Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: asadi@um.ac.ir)

treatments in natural conditions, it can disrupt its germination.

Conclusion

The results of the cultivation of *Arundo donax* rhizome at different temperatures and under salt and drought stress conditions showed that the growth of the rhizome of this plant was greatly affected by the stresses and the increase in the amount of stress led to a decrease in germination percentage. Also, rhizome cultivation at different temperatures led to determining the optimal germination temperature for the *Arundo donax* plant related to the ecotype in the northern regions of Iran and showed that the suitable temperature for the rhizome germination of this plant is 15 to 20 degrees Celsius. The results of the germination rate and the germination percentage under the applied environmental stresses also indicated that drought stress can affect the growth of *Arundo donax* rhizome buds more than salt stress, and in other words, this plant is more sensitive to drought stress and to some extent It is resistant to salt stress, and this is probably the reason why the abundance of this plant is more in the northern regions of Iran than in other regions. It grows best in well-drained soils where plenty of moisture is available and can spread from the water's edge to the shore far beyond the area previously occupied by woody coastal vegetation. It grows well in places where the water level is close to the soil surface or near it, which may be due to the sensitivity of this plant to drought stress, and on the other hand, small colonies of this plant can tolerate excessive salinity, but in conditions of widespread presence in one area, their tolerance to salinity decreases.

Keywords: Environmental stresses, Germination, Giant reed, Invasive plant

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۴۹۸-۴۸۱

اثر تنش‌های شوری و خشکی بر رویش جوانه‌های ریزوم گیاه *Arundo donax* L. در شرایط دمایی مختلف

محسن الهی نژاد[۱]- قربانعلی اسدی[۲]*- رضا توکل افشاری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲

چکیده:

به‌منظور بررسی اثر تیمار خشکی و شوری بر مراحل رشد و زمان آغازش ریزوم گیاه *Arundo donax* آزمایشی در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از ریزوم‌های جمع‌آوری‌شده از اکوتیپ گرگان و به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در اتاقک رشد در ۵ سطح دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) به‌صورت جداگانه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف تنش خشکی {۰ (آب مقطر)، ۰٫۴-، ۰٫۸- و ۱٫۲- مگاپاسکال} و سطوح مختلف تنش شوری {۰ (آب مقطر)، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر} بود. نتایج کلی آزمایش نشان داد که با افزایش میزان شوری و خشکی، میزان جوانه‌زنی ریزوم‌ها کاهش پیدا می‌کند. همچنین نتایج نشان داد که جوانه‌زنی ریزوم گیاه قمیش از دمای ۵ درجه سانتی‌گراد تا دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد امکان‌پذیر است اما بیشترین میزان جوانه‌زنی به میزان ۷۴ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد و پس از آن دمای ۲۰ درجه به مقدار ۶۶ درصد در تیمار شاهد جوانه‌زنی داشت. کمترین درصد جوانه‌زنی در بالاترین سطح شوری و خشکی در دمای ۱۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۴ درصد مشاهده شد. درصد جوانه‌زنی و سایر شاخص‌های جوانه‌زنی با کاهش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد به ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرد. همین روند نیز با افزایش دما از ۲۰ درجه سانتی‌گراد به ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که نشان می‌دهد، بهترین دما برای رویش جوانه‌های ریزوم قمیش بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تأثیر میزان شوری و خشکی بر میزان جوانه‌زنی در دماهای مختلف نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری و خشکی میزان جوانه‌زنی کاهش پیدا می‌کند، اما با افزایش سطح خشکی میزان کاهش درصد جوانه‌زنی بیش از سطح شوری بود و کاهش رویش جوانه‌های ریزوم قمیش بیشتر تحت تأثیر افزایش میزان خشکی خاک قرار گرفت. اثر متقابل سه‌گانه شوری، خشکی و دما در تمامی پارامترها به‌جز سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده در سطح احتمال ٪۹۹ معنی‌دار بود که این امر نشان می‌دهد که جوانه‌زنی ریزوم گیاه قمیش به‌شدت تحت تیمار خشکی، شوری و دماهای مختلف قرار دارد و وجود هر یک از این تیمارها در شرایط طبیعی می‌تواند جوانه‌زنی آن را مختل نماید.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، جوانه‌زنی، گیاه مهاجم، قمیش

مقدمه

علف‌های هرز چندساله، به طورکلی مهمترین و مشکل سازترین علف‌های هرز و یکی از تنش‌های غیر زیستی کاهش‌دهنده تولیدات کشاورزی می‌باشند و مهمترین عامل دخیل در سختی کنترل این گیاهان، اندامهای رویشی و تکثیر شونده زیرزمینی آنها می‌باشد. علف‌های هرز چندساله هر فصل را با ذخایر کربوهیدراتی ذخیره شده آغاز می‌کنند که همین مسئله باعث وجود یک مزیت رقابتی بر علیه گیاهان زراعی می باشد (Holt and Orcutt, 1996).

رقابت گونه‌های مختلف علف هرز با گونه‌های بومی برای منابع اکوسیستم تهدیدی جدی برای کاهش تنوع زیستی جهانی به شمار می‌روند (Shea and Chesson, 2002). این گیاهان بیگانه همچنین می‌تواند آسیب‌های قابل‌توجه و زیانباری را به منابع زیستی و انسانی وارد کنند (Pimentel *et al*., 2005).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی، دانشیار و استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: asadi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2022.76744.1092

از میان گونه‌های مهاجم قمیش (*Arundo donax*) یکی از مهاجم‌ترین گونه‌های گیاه تهاجمی در سواحل، رودخانه‌ها و مناطق معتدل به شمار می‌رود. این گیاه غول‌پیکر، ارتفاعی تا حدود ۶ متر دارد، در بسیاری از مناطق مانند اقیانوسیه، آفریقا، آمریکا، اروپا و سواحل دریای خزر وجود دارد (Herrera and Dudley, 2003)، که اغلب در مناطق ساحلی رشد و توسعه پیدا می‌کند (Wijte *et al.*, 2017). این گیاه به‌عنوان یکی از بدترین گونه‌های بیگانه مهاجم ۱۰۰ کشور جهان است (ISSG, 2007). قمیش تهدیدی جدی برای زیستگاه‌های خشک و نیمه خشک است، زیرا پوشش گیاهی بومی در دسترسی به آب‌های خاک را از بین می‌برد. این گیاه از آب‌های بیشتری نسبت به گیاهان بومی استفاده می‌کند و سطح آب‌های زیرزمینی را کاهش می‌دهد. قمیش بسیار قابل اشتعال است و می‌تواند روند آتش‌سوزی را در مناطق تهاجم تغییر دهد (USDA-ARS, 2014).

تولید بذر توسط این گیاه در مدیترانه یا ایالات‌متحده آمریکا گزارش نشده است (Hardion *et al.*, 2006 ; Johnson *et al.*, 2012). اگرچه A. donax یک گل‌آذین تولید می‌کند که بدون دانه‌های زنده هستند (Johnson *et al.*, 2006) اما به‌سرعت در حال گسترش در مناطق پایین‌دست است و آن به این علت است که هنگامی که قطعات کوچک گیاه توسط جریانات سیلابی به مناطق مختلف برده می‌شود، این قطعات بر روی زمین‌های مرطوب رشد کرده و توسعه پیدا می‌کنند (Bell, 1997; Else, 1996; Decruyenaere and Holt, 2005). ازاین‌رو داشتن اطلاعات در مورد شرایط محیطی که جوانه‌زنی اندام‌های رویشی را تنظیم می‌کنند در پیش‌بینی علف‌های هرز چندساله کمک خواهند کرد و می‌توانند راهبردهای کنترلی علف‌های هرز را بهبود ببخشند (Holt and Orcutt, 1996).

شوری یکی از مهمترین چالش های پیش روی تأمین غذا برای جمعیت جهان در آینده به شمار می آید، همچنین درجه و زمان قرار گرفتن در معرض استرس نیز میتواند این چالش را پر رنگ تر یا کم رنگ تر نماید (Chavez *et al*, 2009). به دلیل شوری موجود در برخی از اراضی ایران، گیاهان جهت جوانه‌زنی با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند. ازاین‌رو تحقیق درزمینه نحوه عکس‌العمل گیاهان در مراحل مختلف رشد ازجمله مرحله جوانه‌زنی، تحت شرایط تنش شوری در این مناطق بیشتر ضروری به نظر می‌رسد. درزمینه تأثیر شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی، مطالعات زیادی انجام‌شده است که نشان می‌دهد در بسیاری از گیاهان با افزایش غلظت نمک، شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش پیدا می‌کند (Guan *et al.*, 2008). با توجه به اینکه بخش اعظمی از مراتع کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، بحث خشکی و تنش حاصل از آن در گیاهان این مناطق دارای اهمیت بسیاری است. تنش خشکی از مهم‌ترین تنش‌ها است و سایر تنش‌ها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تنش خشکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تاکنون در مورد تأثیر منفی خشکی بر صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاهان مختلف مطالعات متعددی انجام‌شده است (Springer, 2005; Burke *et al.*, 2003). هنگامی که رطوبت بهینه خاک فراهم باشد، مثل کشاورزی فاریاب، زمان ظهور علف‌های هرز چندساله از اندام‌های زیرزمینی به دمای خاک بستگی دارد (Kigel and Koller, 1985).

دما یکی از عوامل محیطی می‌باشد که هم نقش محرک (دمای کمینه تا بیشینه) و هم نقش بازدارنده (دمای بیشینه یا تنش گرمایی) در جوانه‌زنی علف‌های هرز دارد. ازاین‌رو درک صحیح از رفتار جوانه‌زنی علف هرز در پاسخ به دما، نقش به سزایی در اتخاذ روش‌هایی کارآمد برای مدیریت پایدار آن‌ها در محیط‌های زراعی دارد. در همین رابطه، دمای کمینه، دمای بهینه و دمای بیشینه سه دمای اصلی یا آستانه‌های دمایی هستند که فرآیند جوانه‌زنی نسبت به آن‌ها واکنش نشان می‌دهد (Alvarado and Bradford, 2002).

در ایران سواحل دریای خزر (استان‌های گلستان، مازندران و گیلان) و همچنین بخش‌هایی از استان خوزستان و سیستان و بلوچستان آلوده به قمیش هستند. اما بااین‌حال تاکنون هیچ‌گونه تحقیق و پژوهشی در مورد ژنوتیپ، نحوه ورود، خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و سایر موارد در مورد این گیاه در ایران انجام‌نشده است و چگونگی جوانه‌زنی، رشد و توسعه این گیاه مهاجم در ایران مجهول مانده است.

شناخت رابطه بین تغییرات شرایط محیطی و تغییر اقلیم و قمیش نسبت به رشد گونه‌های بومی ساحلی و همچنین درک هدر رفت آب توسط این گیاه در مقایسه با گیاهان بومی ساحلی برای حذف این گیاه در شرایط کنونی که خشک‌سالی در اکثر مناطق وجود دارد حیاتی است (Abichandani, 2007). در این شرایط شناخت چگونگی تأثیر عوامل مختلف محیطی مانند سطوح شوری، خشکی، دما، مواد مغذی، نور و آتش در رشد و تهاجم قمیش برای کنترل درازمدت و در مقیاس بزرگ ضروری است. هدف این پژوهش آن است تا در وهله اول اطلاعات ارزشمندی در مورد نحوه جوانه‌زنی اکوتیپ های موجود گیاه قمیش در ایران و تأثیر عوامل مختلف محیطی بر جوانه‌زنی، رشد و باروری این گیاه در جهت برنامه‌ریزی برای بازسازی طولانی‌مدت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به دست آید تا نحوه کنترل و مبارزه و یا استفاده بهینه از آن مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی مراحل رشد و زمان آغازش ریزوم در گیاه قمیش

تکثیرشده از طریق قطعات ریزوم، ریزوم هایی هم سن به طول ۵-۱۰ سانتی‌متر از بین بیش از ۵۰ بوته از حاشیه ۱۰ مزرعه مختلف از اکوتیپ منطقه کوهستانی و زراعی هزار پیچ گرگان جمع‌آوری‌شده و به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در اتاقک رشد کشت شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف تنش خشکی {۰ (آب مقطر)، ۰٫۴-، ۰٫۸- و ۱٫۲- مگاپاسکال} با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ و روش میشل (Michel, 1983)، (معادله ۱) و سطوح مختلف تنش شوری {۰ (آب مقطر)، ۴، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر} با استفاده از نمک کلرید سدیم (NaCl) (معادله ۲) می‌باشد.

در این آزمایش از معادله (۱) برای محاسبه پتانسیل آب با استفاده از مقادیر ویژه PEG استفاده می‌شود:

معادله (۱) Ψ_w=PEG= - (1.18*10^{-2}) C– (1.18*10^{-4}) C2+ (2.67*10^{-4}) 18 CT+ (8.39*10^{-7}) C2T

به‌طوری‌که C، غلظت PEG بر مبنای گرم در کیلوگرم آب و T، دمای محیط آزمایش برحسب سانتی‌گراد می‌باشد.

معادله (۲) $EC\ (dS.m^{-1}) = TDS\ (mg.L^{-1}) \times 640$

ریزوم ها از عمق ۲۰ تا ۳۵ سانتیمتری خاک که با توجه به نحوه رویش گیاه و منابع تحقیقی بیشترین تراکم را دارند جهت انجام کار جمع‌آوری و غلاف دور ریزوم ها جدا شد. سپس ریزوم‌ها شسته شد و با محلول بنومیل[1] ۰/۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی گردید (Juneau and Tarasoff, 2013).

هر واحد آزمایشی شامل یک عدد پتری دیش به قطر ۲۰ سانتی‌متر بود که درون آن‌ها دو عدد کاغذ صافی واتمن به همراه ۱۰ عدد ریزوم ۵-۱۰ سانتی‌متری با قطر ۱۰-۲۰ میلی‌متری و دارای حداقل دو جوانه قرار گرفت و جهت جلوگیری از تبخیر آب نیز درب آن‌ها با پارافیلم مسدود گردید.

واحدهای آزمایشی درون اتاقک رشد با شرایط دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۸،۱۶ ساعت (شب.روز) به‌صورت جداگانه قرار گرفت و شمارش رویش ریزوم ها ۲۴ ساعت بعد از شروع آزمایش به مدت ۱۴ روز در یک‌زمان مشخص صورت پذیرفت. رویش‌هایی با رشد بیش از ۱ سانتی‌متر به‌عنوان رویش پیداکرده در نظر گرفته شد (Soerjani and Soemarwoto, 1969)؛ درصد رویش ریزوم‌ها نیز با استفاده از معادله (۳) محاسبه گردید (Rahimian *et al*., 2006):

معادله (۳) $$PG = \frac{n*100}{N}$$

که در آن PG درصد رویش ریزوم، N تعداد کل جوانه‌های موجود و n تعداد جوانه‌های ریزوم که رویش پیداکرده است. رویش هریک از تیمارها نیز از شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی[2] (SP) (معادله ۴) و سرعت جوانه‌زنی[3] (GRI) (معادله ۵) محاسبه شد (Holt& Orcutt, 1996).

معادله (۴) $$SP = \left(\frac{g}{N}\right) * 100$$

در این معادله g تعداد جوانه‌های رویش پیداکرده، N تعداد کل جوانه‌های موجود در هر پتری دیش است.

معادله (۵) $$GRI = \sum_{i=1}^{n} \frac{Gi}{Di}$$

در این معادله Gi تعداد جوانه‌های رویش پیداکرده در هرروز و Di تعداد روز شمارش تا روز n می‌باشد. به دلیل اینکه در این شاخص، جوانه‌زنی نهایی یا همان نسبت جوانه‌زنی (G_{total}.N) در سرعت جوانه‌زنی ضرب می‌شود، به‌نوعی به معادله وزن داده‌شده است ازاین‌رو به آن سرعت جوانه‌زنی وزنی[4] (معادله ۶) گفته می‌شود (Steinmaus *et al*., 2000).

معادله (۶) $$GRI = \left(\frac{G_{total}}{N}\right) * \sum_{i=1}^{n} \frac{Gi}{Di}$$

G_{total} تعداد کل جوانه‌های رویش پیداکرده و N تعداد کل جوانه‌های موجود در هر پتری دیش می‌باشد.

همچنین به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد رویش ریزوم قمیش از یک مدل لجستیک سه پارامتر (معادله ۷) استفاده شد (Chauhan *et al*., 2006):

معادله (۷) $$RS(\%) = \frac{RS_{max}}{[1+(x.x_{50})^{RSrate}]}$$

که در این معادله RS (%)، درصد رویش ریزوم در سطح شوری یا خشکی X، RS_{max} حداکثر درصد رویش ریزوم، X_{50} سطح شوری یا خشکی لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر رویش ریزوم و RS_{rate} نشانگر شیب کاهش رویش ریزوم در اثر افزایش سطوح شوری یا خشکی می‌باشد.

تجزیه واریانس آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین با آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین برازش مدل‌ها با نرم‌افزار Sigma plot.14 انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ رسم گردید. مقایسه مدل‌ها بر اساس سنجه‌های R^2_{adj} و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE=Root mean square root) انجام شد.

1- Benzimidazole, Benomyl

1- Sprouting Percentage
2- Germination Rate Index
3- Weighted Germination Rate Index

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس آزمایش (جدول ۱) نشان داد که اثرات ساده هر یک از تیمارها معنی‌دار بود و دما، خشکی و شوری هر یک به‌تنهایی موجب تغییرات در پارامترهای اندازه‌گیری شده گردید؛ اما اثر ساده تیمار دما و خشکی بر میزان درصد جوانه‌زنی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بود و اثر شوری در سطح ۹۵٪ معنی‌داری را نشان داد که این امر حکایت از آن دارد که تأثیر دما و خشکی بر پارامترهای جوانه‌زنی در گیاه قمیش بیش از تأثیر شوری است. اثرات متقابل هر ۳ تیمار نیز معنی‌داری را نشان داد، بااین‌وجود اثر متقابل دما و شوری برخلاف سایر اثرات متقابل در تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح ۹۵٪ معنی‌دار شد و در مقابل اثر متقابل سه‌گانه شوری،خشکی و دما در تمامی پارامترها به‌جز سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده در سطح احتمال ۹۹٪ معنی‌دار بود که این امر نشان می‌دهد که جوانه‌زنی ریزوم گیاه قمیش به‌شدت تحت تیمار خشکی، شوری و دماهای مختلف قرار دارد و وجود هر یک از این تیمارها در شرایط طبیعی می‌تواند جوانه‌زنی آن را مختل نماید.

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس آزمایش بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی بر رویش جوانه‌های ریزوم گیاه قمیش (*Arundo donax*) در شرایط دمایی مختلف

Table 1- Variance analysis of the effect of salinity and drought stresses on rhizome bud sprouting of Giant reed (*Arundo donax*) under different temperature conditions

منابع تغییر (Source)	F			
	درصد جوانه‌زنی SP	جوانه‌زنی روزانه GPD	سرعت جوانه‌زنی GRI	سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده WGRI
تیمار (**Treatment**)				
دما (Temperature)	124.53**	97.42*	67.7*	59.42*
شوری (Salinity)	98.6*	88.12*	65.76*	60.23
خشکی (Drought)	102.36**	89.4**	73.6*	59.43*
دما*شوری (T*S)	235.89*	158.76*	102.46*	99.4*
دما*خشکی (T*D)	233.76**	169.4**	105.48*	93.46*
شوری*خشکی (S*D)	212.78**	171.31*	111.79*	97.56
دما*شوری*خشکی (T*S*D)	327.84**	234.67**	214.3**	137.48*

* و **: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

* And **: Significant at 5% and 1% of probability levels.

نتایج کلی آزمایش نشان داد که با افزایش میزان شوری و خشکی، میزان رویش ریزوم‌ها کاهش پیدا می‌کند (جدول ۲ تا جدول ۷). همچنین نتایج نشان داد که رویش ریزوم گیاه قمیش از دمای ۵ درجه سانتی‌گراد تا دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد امکان‌پذیر است اما بیشترین میزان رویش به میزان ۷۴ درصد مربوط به تیمار شاهد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد (جدول ۴) و کمترین آن مربوط به تیمار حداکثر شوری و خشکی در دمای ۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۴ درصد بود (جدول ۲ و جدول ۷). پس از آن دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بهترین دما برای رویش جوانه‌های ریزوم قمیش بود به‌طوریکه در این دما بیشترین درصد جوانه‌زنی به مقدار ۶۶ درصد در تیمار شاهد بود که اختلاف غیر معنی‌داری با حداکثر درصد جوانه‌زنی تیمار شاهد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد داشت. همچنین کمترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیز که مربوط به تیمار حداکثر شوری و خشکی می‌باشد نیز اختلاف معنی‌داری را با همین شرایط در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نشان نداد. درصد جوانه و سایر شاخص‌های جوانه‌زنی با کاهش دما از ۱۵ درجه سانتی‌گراد به ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرد، همین روند نیز با افزایش دما از ۲۰ درجه سانتی‌گراد به ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیز مشاهده شد که نشان می‌دهد، بهترین دما برای رویش جوانه‌های ریزوم قمیش بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

نتایج آزمایش جوانه‌زنی ریزوم های قمیش تحت تیمار شوری و خشکی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد (جدول ۲) نشان داد که با افزایش میزان سطح خشکی از ۰ مگا پاسکال (شاهد)، به ۱/۲- مگا پاسکال درصد جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد. همین حالت برای درصد جوانه‌زنی روزانه نیز وجود داشت تا جایی که درصد جوانه‌زنی روزانه در تیمار خشکی ۱/۲- مگا پاسکال، یک‌سوم تیمار شاهد بود. شاخص سرعت جوانه‌زنی با افزایش میزان خشکی روند کاهشی داشت و تا جایی که این شاخص در سطح خشکی صفر مگا پاسکال، برابر ۱/۴ ریزوم در روز بود اما در سطح خشکی ۱/۲- مگا پاسکال این مقدار به ۰/۲ جوانه در روز تقلیل پیدا کرد. احمد و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند که گیاه قمیش طیف گسترده‌ای از شرایط اکولوژیکی ازجمله خشکی را تحمل می‌کند و گزارش‌شده است که در همه انواع خاک‌ها، از رس‌های سنگین گرفته تا ماسه‌های سست و خاک‌های شنی، رشد می‌کند.

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۵ درجه سانتی‌گراد

Table 2- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP), germination percentage day (GPD), germination rate index (GRI) and Weighted Germination Rate Index (WGRI) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 5 ° C

سطح خشکی Drought level(MPa)	سطح شوری Salinity level(dS.m)	درصد جوانه‌زنی (٪) SP	درصد جوانه‌زنی روزانه (٪) GPD	شاخص سرعت جوانه‌زنی GRI (seedling day^{-1})	شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده WGRI (seedling day^{-1})
0	0	10 (1.21)^{a}	1.0 (0.04)^{a}	1.4 (0.04)^{a}	0.14 (0.001)^{a}
0	4	10 (1.16)^{a}	0.9 (0.03)^{a}	0.71 (0.03)^{a}	0.071 (0.001)^{a}
0	8	10 (1.20)^{a}	0.72 (0.03)^{a}	0.61 (0.03)^{b}	0.061 (0.001)^{b}
0	12	8 (0.91)^{b}	0.57 (0.02)^{b}	0.448 (0.02)^{c}	0.03584 (0.001)^{d}
0	16	6 (0.62)^{c}	0.46 (0.02)^{bc}	0.318 (0.02)^{d}	0.01908 (0.001)^{f}
0.4	0	10 (0.92)^{a}	0.76 (0.03)^{a}	0.61 (0.03)^{b}	0.061 (0.001)^{b}
0.4	4	10 (0.85)^{a}	0.71 (0.04)^{a}	0.6 (0.03)^{b}	0.06 (0.001)^{b}
0.4	8	8 (0.81)^{b}	0.61 (0.03)^{b}	0.432 (0.02)^{c}	0.03456 (0.001)^{d}
0.4	12	6 (0.76)^{c}	0.46 (0.01)^{bc}	0.318 (0.02)^{d}	0.01908 (0.001)^{f}
0.4	16	6 (0.66)^{c}	0.42 (0.02)^{c}	0.276 (0.01)^{de}	0.01656 (0.001)^{f}
0.8	0	8 (0.62)^{b}	0.57 (0.03)^{b}	0.432 (0.03)^{c}	0.03456 (0.001)^{d}
0.8	4	8 (0.73)^{b}	0.57 (0.04)^{b}	0.432 (0.03)^{c}	0.03456 (0.001)^{d}
0.8	8	6 (0.55)^{c}	0.46 (0.04)^{bc}	0.318 (0.02)^{d}	0.01908 (0.001)^{f}
0.8	12	4 (0.21)^{d}	0.36 (0.02)^{cd}	0.232 (0.02)^{e}	0.00928 (0.001)^{g}
0.8	16	4 (0.23)^{d}	0.36 (0.01)^{cd}	0.232 (0.02)^{e}	0.00928 (0.001)^{g}
1.2	0	6 (0.36)^{c}	0.46 (0.03)^{bc}	0.318 (0.04)^{d}	0.01908 (0.001)^{f}
1.2	4	6 (0.31)^{c}	0.42 (0.03)^{c}	0.312 (0.03)^{d}	0.01872 (0.001)^{f}
1.2	8	6 (0.33)^{c}	0.42 (0.03)^{c}	0.30 (0.02)^{d}	0.018 (0.001)^{f}
1.2	12	4 (0.28)^{d}	0.33 (0.02)^{d}	0.224 (0.01)^{e}	0.00896 (0.001)^{g}
1.2	16	4 (0.26)^{d}	0.36 (0.02)^{cd}	0.212 (0.01)^{e}	0.00848 (0.001)^{g}

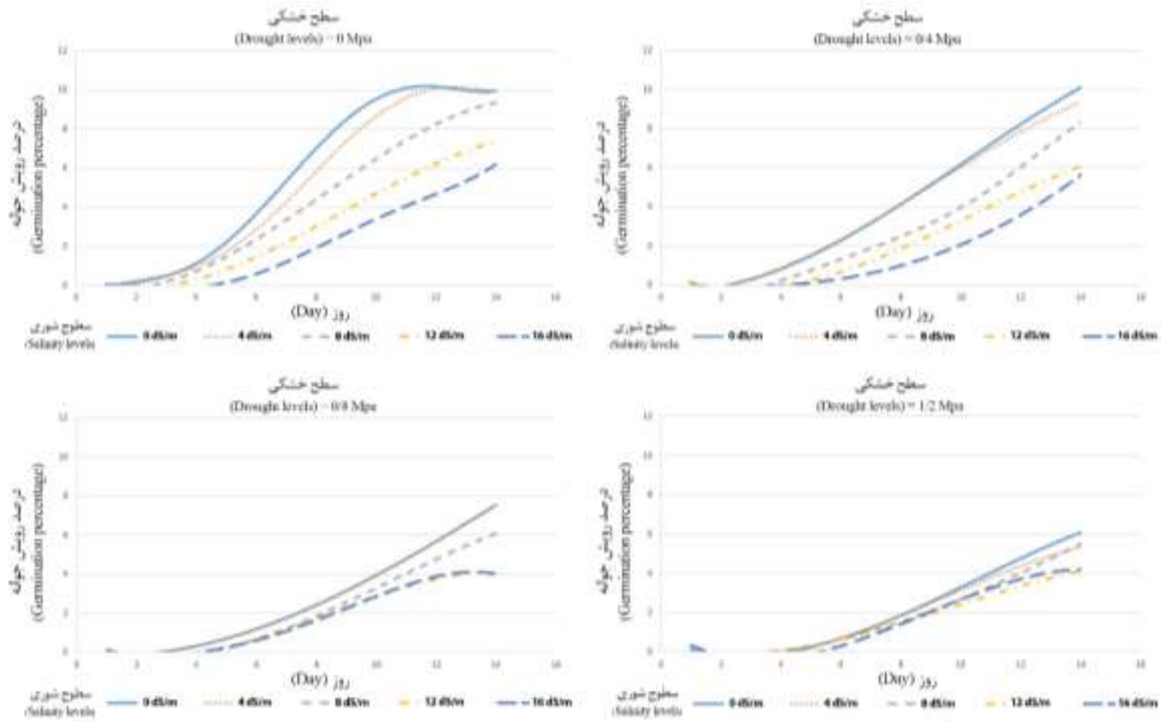
میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

نی قمیش اغلب در مجاورت رودخانه ها و مکانهایی که خاک هایی با قابلیت دسترسی بالا به آب رشد میکند و همین موجب میشود که این گونه گیاهان در معرض تنش های خشکی بیشتر آسیب ببینند (Valli *et al.*, 2017). افزایش میزان خشکی همچنین منجر به کاهش شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری از مقدار صفر دسی زیمنس در تیمار شاهد به مقدار ۱۶ دسی زیمنس منجر به کاهش تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده شد؛ این مقادیر با افزایش میزان خشکی نیز کاهش پیدا کرد اما در مقدار کم خشکی (تیمار شاهد) اختلاف بین بیشترین درصد جوانه‌زنی با کمترین آن ۴۰ درصد بود در حالیکه با افزایش سطح خشکی میزان اختلاف بین بیشترین درصد جوانه‌زنی و کمترین درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری کاهش پیدا کرد. این نتیجه در سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده نیز وجود داشت و درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده نیز در سطوح کم خشکی اختلاف بیشتری را با افزایش میزان شوری نشان دادند.

روند درصد جوانه‌زنی ریزوم قمیش تحت تیمار شوری و خشکی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد (شکل ۱) نشان داد که با افزایش میزان خشکی علاوه بر اینکه درصد جوانه‌زنی کاهش پیدا می‌کند، تفاوت بین سطوح شوری نیز غیر معنی‌دار می‌گردند، به معنی دیگر با افزایش خشکی معنی‌داری سطوح شوری کاهش پیدا می‌کند که این نشان می‌دهد رویش جوانه ریزوم قمیش نسبت به تنش خشکی بیشتر آسیب‌پذیر است. با توجه به اینکه ریزوم های استفاده‌شده در این آزمایش معمولاً ریزوم های جوان یک‌ساله بود، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که قمیش می‌تواند به دلیل کمبود رطوبت در طول سال اول به‌طورجدی کاهش رشد را نشان دهد و تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرد، اما خشک‌سالی آسیب زیادی به ریزوم های دو تا سه‌ساله وارد نمی‌کند؛ نی قمیش در کوتاه مدت و در شرایط خشکسالی کاهش زیست توده را نشان میدهد (Haworth *et al.*, 2017)، با این حال نی قمیش برخلاف سایر گیاهان رشد کرده در شرایط دیم که زیست توده کمتری را نسبت به گیاهان آبی تولید می کنند، اختلاف معنی داری را با تنشهای جزئی خشکی در تولید زیست توده نشان نمی دهد (; Haworth *et al.*, 2017Cosentino *et al.*, 2016).

نتایج تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر رویش جوانه‌های ریزوم قمیش در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد (جدول ۳) نشان داد که در این دما نیز با افزایش میزان شوری و خشکی درصد رویش جوانه‌ها کاهش پیدا کرد.



شکل-۱- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۵ درجه سانتی‌گراد

Figure 1: Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP) in cultivation of *A.donax* rhizomes at5°C

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد

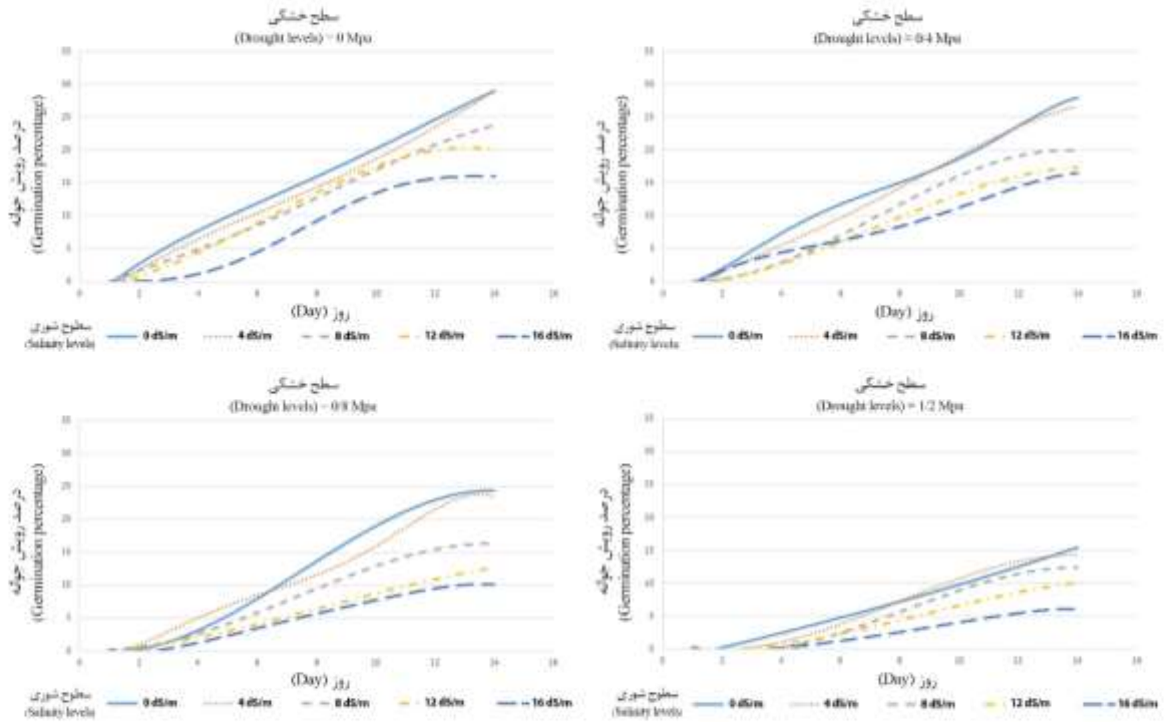
Table 3- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP), germination percentage day (GPD), germination rate index (GRI) and Weighted Germination Rate Index (WGRI) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 10 ° C

سطح خشکی Drought level(MPa)	سطح شوری Salinity level(dS.m)	درصد جوانه‌زنی (٪) SP	درصد جوانه‌زنی روزانه (٪) GPD	شاخص سرعت جوانه‌زنی GRI (seedling day^{-1})	شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده WGRI (seedling day^{-1})
0	0	28 (3.2)^{a}	2.15 (0.11)^{a}	2.212 (0.02)^{a}	0.61 (0.01)^{a}
0	4	28 (3.3)^{a}	2.15 (0.12)^{a}	1.82 (0.02)^{b}	0.5096 (0.01)^{b}
0	8	24 (2.4)^{b}	1.71 (0.09)^{b}	1.992 (0.02)^{b}	0.4776 (0.008)^{b}
0	12	20 (2.1)^{c}	1.81 (0.1)^{b}	1.7 (0.02)^{bc}	0.34 (0.007)^{c}
0	16	16 (2.1)^{d}	1.33 (0.09)^{c}	0.96 (0.01)^{de}	0.1536 (0.004)^{e}
0.4	0	28 (2.5)^{a}	2.0 (0.11)^{a}	2.464 (0.02)^{a}	0.68992 (0.003)^{a}
0.4	4	26 (2.4)^{ab}	2.0 (0.012)^{a}	2.08 (0.02)^{a}	0.5408 (0.002)^{b}
0.4	8	20 (2.2)^{c}	1.53 (0.08)^{bc}	1.52 (0.01)^{c}	0.304 (0.001)^{c}
0.4	12	18 (2)^{cd}	1.28 (0.07)^{c}	1.332 (0.01)^{cd}	0.23976 (0.001)^{d}
0.4	16	16 (1.9)^{d}	1.33 (0.07)^{c}	1.378 (0.01)^{cd}	0.2205 (0.001)^{d}
0.8	0	24 (2.1)^{b}	2.0 (0.09)^{a}	1.752 (0.01)^{bc}	0.42048 (0.003)^{bc}
0.8	4	24 (2.1)^{b}	1.71 (0.09)^{b}	1.848 (0.02)^{b}	0.44352 (0.004)^{bc}
0.8	8	16 (2.1)^{d}	1.33 (0.09)^{c}	1.28 (0.01)^{d}	0.2048 (0.002)^{d}
0.8	12	12 (1.2)^{e}	1.0 (0.05)^{d}	0.936 (0.01)^{de}	0.11232 (0.001)^{e}
0.8	16	10 (1.1)^{ef}	0.83 (0.04)^{de}	0.72 (0.01)^{e}	0.072 (0.001)^{f}
1.2	0	16 (1.5)^{d}	1.14 (0.08)^{dc}	1.056 (0.02)^{de}	0.16896 (0.001)^{e}
1.2	4	14 (1.1)^{ed}	1.16 (0.07)^{dc}	0.952 (0.02)^{de}	0.13328 (0.001)^{e}
1.2	8	12 (1)^{e}	1.09 (0.07)^{d}	0.744 (0.01)^{e}	0.08928 (0.001)^{f}
1.2	12	10 (0.9)^{ef}	0.76 (0.04)^{e}	0.62 (0.01)^{ef}	0.062 (0.001)^{f}
1.2	16	6 (0.8)^{f}	0.5 (0.02)^{ef}	0.36 (0.01)^{g}	0.0216 (0.001)^{fg}

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p\leq0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

با توجه به نتایج جدول ۳ در شرایطی که تیمار خشکی اعمال نشود (صفر مگا پاسکال) با افزایش میزان شوری درصد جوانه‌زنی کاهش پیدا می‌کند به‌نحوی‌که در شوری صفر دسی زیمنس در شرایط عدم وجود خشکی میزان جوانه‌زنی ۲۸ درصد می‌باشد و با افزایش میزان شوری این مقدار به ۱۶ درصد کاهش پیدا می‌کند به عبارتی میزان کاهش درصد جوانه‌زنی در این حالت ۵۷ درصد بود، این شرایط در سایر سطوح خشکی نیز به همین صورت بود با این تفاوت که با افزایش سطح خشکی میزان کاهش جوانه‌زنی بین کمترین و بیشترین سطح شوری روند کاهشی داشت؛ در سطح خشکی ۰/۴ مگاپاسکال با افزایش میزان شوری، میزان جوانه‌زنی نیز ۵۷ درصد کاهش پیدا کرد و در سطوح خشکی ۰/۸ و ۱/۲ مگاپاسکال این مقدار به ترتیب ۴۱ و ۳۷/۵ درصد بود، این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر شوری نسبت به خشکی بر درصد جوانه‌زنی در ریزوم قمیش در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشهودتر است.



شکل-۲: تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد

Figure 2: Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 10 ° C

در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی ریزوم قمیش با افزایش تنش شوری کاهش پیدا کرد (شکل ۲) اما اختلاف بین تیمار شاهد و تیمار ۴ دسی‌زیمنس در سطوح مختلف تنش خشکی اخلاف معنی‌داری را به همدیگر نشان نداد در حالی‌که سایر سطوح تنش شوری اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر در شرایط افزایش تنش خشکی نشان دادند؛ این امر نشان می‌دهد که ریزوم قمیش با افزایش میزان دمای محیط تا حدودی به تنش مختصر شوری مقاومت نشان می‌دهد در حالیکه نسبت به تنش خشکی حساس است.

با توجه به نتایج جدول ۴، رویش جوانه‌های ریزوم قمیش در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از سایر دماها اتفاق افتاد به‌نحوی‌که بیشترین میزان درصد جوانه مربوط به تیمار شاهد در این دما به میزان ۷۴ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار حداکثر شوری و خشکی به میزان ۱۸ درصد بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خشکی در شرایط ثابت بودن میزان شوری وجود دارد و با افزایش میزان خشکی، درصد جوانه کاهش پیدا می‌کند و این اختلاف بین تیمارها معنی‌دار است. همچنین برای تیمارهای شوری نیز در شرایط ثابت بودن میزان خشکی اختلاف معنی‌داری در میزان درصد جوانه‌زنی با افزایش میزان شوری وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهد گیاه قمیش در دما ۱۵ درجه سانتی‌گراد برای رویش جوانه‌ها تحت تأثیر میزان خشکی و شوری خاک به یک‌میزان قرار می‌گیرد.

جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد

Table 4- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP), germination percentage day (GPD), germination rate index (GRI) and Weighted Germination Rate Index (WGRI) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 15 ° C

سطح خشکی Drought level(MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	درصد جوانه‌زنی (٪) SP	درصد جوانه‌زنی روزانه (٪) GPD	شاخص سرعت جوانه‌زنی GRI (seedling day^{-1})	شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده WGRI (seedling day^{-1})
0	0	74 (3)[a]	5.28 (0.1)[a]	5.254 (0.11)[a]	3.887 (0.009)[a]
0	4	70 (2.8)[a]	5.0 (0.08)[ab]	4.62 (0.1)[b]	3.234 (0.007)[b]
0	8	60 (2.1)[b]	4.28 (0.09)[bc]	3.78 (0.09)[c]	2.268 (0.006)[cd]
0	12	40 (2)[c]	2.85 (0.07)[d]	2.64 (0.06)[d]	1.056 (0.002)[ef]
0	16	30 (1.5)[d]	2.14 (0.06)[de]	1.86 (0.03)[e]	0.558 (0.001)[f]
0.4	0	70 (3.2)[a]	5.38 (0.12)[a]	4.848 (0.09)[ab]	3.393 (0.008)[a]
0.4	4	62 (2.6)[b]	4.42 (0.1)[bc]	4.278 (0.08)[bc]	2.652 (0.006)[c]
0.4	8	56 (2.2)[bc]	4.0 (0.09)[c]	3.649 (0.05)[c]	2.043 (0.003)[d]
0.4	12	36 (2)[c]	2.57 (0.03)[d]	2.415 (0.04)[d]	0.869 (0.001)[ef]
0.4	16	26 (1.9)[d]	2.0 (0.03)[e]	1.713 (0.02)[e]	0.445 (0.001)[f]
0.8	0	60 (2.7)[b]	4.61 (0.1)[b]	4.6 (0.07)[b]	2.76 (0.004)[c]
0.8	4	50 (2.1)[c]	3.84 (0.08)[cd]	3.645 (0.07)[c]	1.822 (0.002)[de]
0.8	8	36 (2)[d]	2.57 (0.04)[d]	2.617 (0.04)[d]	0.942 (0.001)[ef]
0.8	12	26 (1.8)[e]	2.0 (0.05)[e]	1.828 (0.02)[e]	0.475 (0.001)[f]
0.8	16	20 (1.5)[ef]	1.53 (0.03)[ef]	1.369 (0.01)[f]	0.273 (0.001)[fg]
1.2	0	50 (2.2)[c]	3.84 (0.05)[cd]	3.605 (0.04)[c]	1.802 (0.004)[de]
1.2	4	40 (2.1)[c]	3.07 (0.06)[d]	2.928 (0.03)[cd]	1.171 (0.003)[ef]
1.2	8	30 (2)[d]	2.14 (0.03)[de]	1.943 (0.02)[e]	0.582 (0.001)[f]
1.2	12	22 (1.3)[e]	1.69 (0.02)[e]	1.24 (0.01)[f]	0.272 (0.001)[g]
1.2	16	18 (1)[f]	1.38 (0.01)[f]	1.113 (0.01)[fg]	0.2 (0.001)[g]

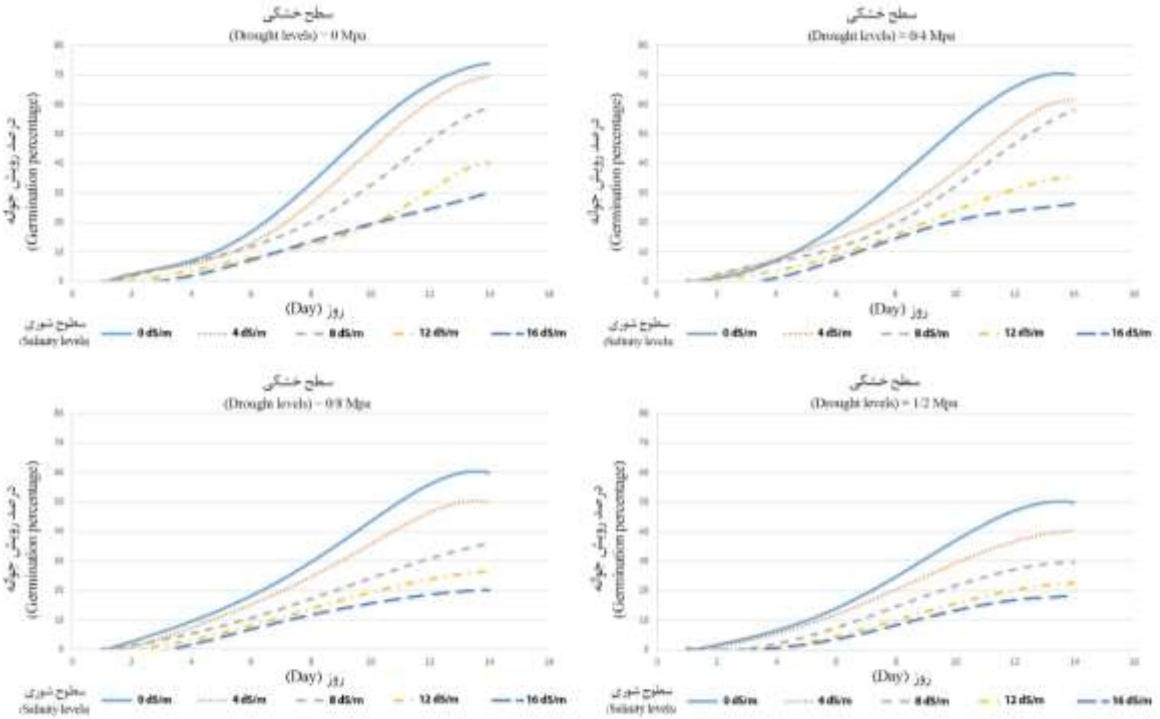
میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

سرعت جوانه‌زنی ریزوم قمیش در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد (جدول ۴) با افزایش میزان تنش‌ها کاهش یافت، اما روند کاهش این شاخص در تیمار خشکی بیشتر از تیمار شوری بود به‌نحوی‌که با افزایش تنش شوری در هر یک از سطوح تنش خشکی شاخص سرعت جوانه‌زنی به میزان تقریباً ۳۳ درصد کاهش پیدا کرد اما همین حالت با افزایش تنش خشکی در هر یک از سطوح تنش شوری تقریباً ۶۴ درصد بود. این آمار نشان می‌دهد که گیاه قمیش در دمایی که بیشترین رویش جوانه را دارد، افزایش تنش خشکی توانسته است با شدت بیشتری سرعت جوانه‌زنی آن را محدود نماید. توانایی قمیش برای تحمل یا حتی رشد خوب در شرایط خشک‌سالی شدید به دلیل ایجاد ریزوم های درشت و مقاوم به خشکی و ریشه‌های عمیق است که می‌توانند در عمق به رطوبت برسند. *A. donax* می‌تواند در دمای بسیار پایین در زمان خواب زنده بماند ولی با شروع جوانه‌زنی به‌شدت به خشکی و دما حساس می‌گردد و به‌راحتی جوانه‌زنی آن تحت تأثیر میزان آب در دسترس و دمای محیط است (Fuller and Barbe, 1985).

در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد تیمار ۸ دسی زمینس سطح شوری در تیمار شاهد و تیمار ۰/۴ مگا پاسکال سطح خشکی اختلاف کمی با تیمار شاهد و ۴ دسی زیمنس سطح شوری نشان داد (شکل-۳) در حالیکه همین تیمار در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد همچون سطوح تنش شدید شوری اختلاف زیادی را با سطح شاهد و ۴ دسی زیمنس داشت. این روند بیانگر این موضوع خواهد بود که احتمالاً ریزوم قمیش با افزایش دمای خاک و در دمای بهینه جوانه‌زنی نسبت به تنش شوری مقاوم‌تر خواهد شد.

میزان رویش جوانه‌های ریزوم قمیش در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط وجود تنش شوری و خشکی نشان از کاهش درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده داشت (جدول-۵). در این شرایط دمایی بیشترین میزان جوانه‌زنی ۶۶ درصد بود که با جوانه‌زنی در شرایط دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، همچنین در سایر سطوح تنش شوری و خشکی در شرایط دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری با شرایط دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد درحالی‌که با سایر شرایط دمایی اختلاف معنی‌داری داشت که این نشان می‌دهد دمای بهینه برای رویش جوانه‌های ریزوم قمیش بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در همین رابطه آلواردو و بردفورد (۲۰۰۲)، اذعان کردند که دماهای کمینه (دمای پایه)، بیشینه (دمای سقف)، دماهایی هستند که به ترتیب پایین‌تر و بالاتر از آن‌ها جوانه‌زنی اتفاق نمی‌افتد، درحالی‌که دمای بهینه دمایی است که حداکثر سرعت جوانه‌زنی در آن اتفاق می‌افتد.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد

Figure 3- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 15 ° C

جدول ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد

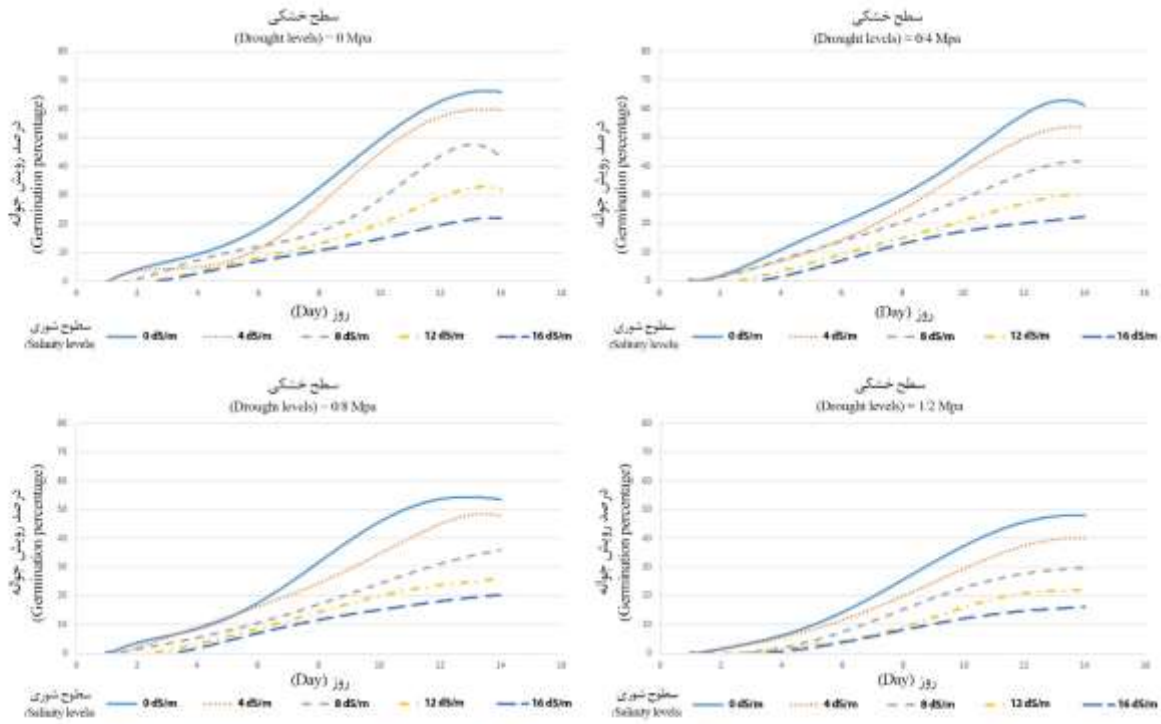
Table 5- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP), germination percentage day (GPD), germination rate index (GRI) and Weighted Germination Rate Index (WGRI) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 20 ° C

سطح خشکی Drought level (MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	درصد جوانه‌زنی (٪) SP	درصد جوانه‌زنی روزانه (٪) GPD	شاخص سرعت جوانه‌زنی GRI (seedling day^{-1})	شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده WGRI (seedling day^{-1})
0	0	66 (3.1)^{a}	5.07 (0.1)^{a}	5.125 (0.12)^{a}	3.382 (0.01)^{a}
0	4	60 (3)^{ab}	4.61 (0.1)^{ab}	4.176 (0.11)^{b}	2.505 (0.01)^{b}
0	8	44 (2.4)^{cd}	3.38 (0.08)^{cd}	3.116 (0.1)^{c}	1.371 (0.009)^{c}
0	12	32 (2)^{ed}	2.46 (0.06)^{d}	2.079 (0.1)^{d}	0.665 (0.008)^{d}
0	16	22 (2)^{f}	1.69 (0.04)^{e}	1.497 (0.08)^{de}	0.329 (0.003)^{e}
0.4	0	62 (3.3)^{a}	4.42 (0.09)^{ab}	4.893 (0.11)^{a}	3.034 (0.04)^{a}
0.4	4	54 (3.1)^{b}	3.85 (0.07)^{c}	3.808 (0.09)^{b}	2.056 (0.0)^{bc}
0.4	8	42 (2.6)^{cd}	3.0 (0.06)^{d}	3.136 (0.09)^{c}	1.317 (0.01)^{c}
0.4	12	30 (2.3)^{e}	2.3 (0.03)^{de}	2.051 (0.08)^{d}	0.615 (0.01)^{d}
0.4	16	22 (2)^{f}	1.69 (0.03)^{e}	1.486 (0.04)^{de}	0.327 (0.01)^{e}
0.8	0	54 (3.4)^{b}	4.15 (0.08)^{b}	4.373 (0.08)^{b}	2.361 (0.02)^{b}
0.8	4	48 (3)^{c}	3.69 (0.07)^{c}	3.72 (0.07)^{bc}	1.785 (0.01)^{bc}
0.8	8	36 (2.7)^{ed}	2.57 (0.06)^{d}	2.815 (0.05)^{cd}	1.013 (0.01)^{c}
0.8	12	26 (2.2)^{e}	2.0 (0.05)^{e}	1.842 (0.03)^{d}	0.479 (0.004)^{e}
0.8	16	20 (2)^{f}	1.53 (0.03)^{e}	1.361 (0.01)^{de}	0.272 (0.004)^{ef}
1.2	0	48 (3)^{c}	3.69 (0.07)^{c}	3.516 (0.08)^{bc}	1.687 (0.003)^{bc}
1.2	4	40 (2.6)^{d}	3.07 (0.07)^{d}	2.922 (0.07)^{c}	1.168 (0.003)^{cd}
1.2	8	30 (2.1)^{e}	2.14 (0.04)^{de}	1.961 (0.05)^{d}	0.588 (0.002)^{d}
1.2	12	22 (1.8)^{f}	1.69 (0.02)^{e}	1.383 (0.03)^{e}	0.304 (0.001)^{e}
1.2	16	16 (1.3)^{gf}	1.23 (0.02)^{f}	1.013 (0.03)^{ef}	0.162 (0.001)^{f}

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

نتایج حاصل از تأثیر تنش شوری و خشکی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (جدول ۵)، نشان از افت جوانه‌زنی با افزایش میزان تنش‌ها داشت و با افزایش تنش شوری و خشکی به‌صورت جداگانه، میزان شاخص‌های اندازه‌گیری شده کاهش پیدا کرد. با این حال در این دما، همانند دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش تنش خشکی بیش از افزایش تنش شوری توانست منجر به افت شاخص‌های اندازه‌گیری شده شود. با افزایش تنش خشکی در این دما میزان افت سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی به‌طور متوسط ۶۶ درصد کاهش را نشان داد ولی افزایش تنش شوری تنها توانست منجر به افت ۳۰ درصدی شاخص‌های اندازه‌گیری شده شود که این امر تأکید بر تأثیر بیشتر تنش خشکی بر جوانه‌زنی ریزوم این گیاه نسبت به تنش شوری در دمای بهینه جوانه‌زنی دارد.



شکل-۴: تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد

Figure 4: Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 20 ° C

افزایش تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی ریزوم قمیش در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر منفی نشان داد (شکل ۴) و برخلاف دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد که حاکی از مقاومت نسبی ریزوم قمیش به تنش جزئی شوری بود در این دما با افزایش تنش شوری درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری را در همه سطوح در شرایط افزایش تنش خشکی نشان داد. به‌عبارت‌دیگر ریزوم قمیش فقط در دمای بهینه جوانه‌زنی تا حدی به تنش شوری مقاومت نشان می‌دهد و افزایش دما تأثیر مثبتی بر این روند نخواهد داشت. حفظ عملکرد تولیدی *A. donax* در شرایط تنش خشکی ممکن است به یک سیستم ریشه گسترده مرتبط باشد که امکان دسترسی به آب در عمق خاک را فرا هم می کند (Mann *et al*., 2013). تنظیم رفتار فیزیولوژیکی روزنه برای بهینه سازی راندمان مصرف آب (WUE) تحت طیف وسیعی از شرایط رشد و اصلاح انتشار آنتی اکسیدان های محافظ مانند ترکیبات آلی فرار می باشد (Haworth *et al*., 2017).

افزایش دما بیش از دمای بهینه جوانه‌زنی منجر به کاهش میزان جوانه‌زنی می‌گردد. وقتی ریزوم های گیاه قمیش در شرایط دمایی ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، افت شدیدی را در میزان درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و دیگر شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان دادند (جدول ۶ و جدول ۷).

جدول ۶- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد

Table 6- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP), germination percentage day (GPD), germination rate index (GRI) and Weighted Germination Rate Index (WGRI) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 25 ° C

سطح خشکی Drought level(MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	درصد جوانه‌زنی (٪) SP	درصد جوانه‌زنی روزانه (٪) GPD	شاخص سرعت جوانه‌زنی GRI (seedling day^{-1})	شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده WGRI (seedling day^{-1})
0	0	38 (2)[a]	2.92 (0.09)[a]	3.657 (0.11)[a]	1.389 (0.01)[a]
0	4	34 (1.8)[ab]	2.42 (0.06)[b]	2.903 (0.1)[b]	0.987 (0.008)[b]
0	8	28 (1.6)[bc]	2.15 (0.04)[c]	2.446 (0.1)[c]	0.685 (0.006)[c]
0	12	24 (1.5)[c]	1.84 (0.03)[d]	1.878 (0.08)[d]	0.45 (0.004)[d]
0	16	20 (1.4)[cd]	1.53 (0.03)[e]	1.322 (0.06)[e]	0.264 (0.003)[e]
0.4	0	36 (2.1)[a]	2.57 (0.08)[ab]	3.004 (0.1)[ab]	1.081 (0.009)[b]
0.4	4	32 (2)[b]	2.28 (0.07)[bc]	2.386 (0.09)[c]	0.763 (0.007)[bc]
0.4	8	28 (2)[bc]	2.15 (0.06)[c]	2.166 (0.07)[cd]	0.606 (0.006)[c]
0.4	12	24 (1.5)[c]	1.84 (0.04)[d]	1.684 (0.05)[de]	0.404 (0.004)[d]
0.4	16	20 (1.3)[cd]	1.53 (0.04)[e]	1.548 (0.04)[de]	0.309 (0.003)[de]
0.8	0	30 (1.9)[b]	2.3 (0.07)[ab]	2.031 (0.04)[cd]	0.609 (0.007)[c]
0.8	4	26 (1.6)[c]	2.0 (0.06)[b]	1.89 (0.03)[d]	0.491 (0.005)[d]
0.8	8	22 (1.2)[cd]	1.57 (0.04)[e]	1.559 (0.03)[de]	0.343 (0.003)[e]
0.8	12	16 (1)[d]	1.23 (0.04)[ef]	1.12 (0.02)[e]	0.179 (0.002)[f]
0.8	16	14 (0.8)[ed]	1.07 (0.03)[f]	0.921 (0.02)[ef]	0.129 (0.001)[f]
1.2	0	24 (1)[c]	1.84 (0.02)[d]	1.839 (0.02)[d]	0.441 (0.004)[d]
1.2	4	22 (1)[cd]	1.69 (0.02)[de]	1.532 (0.01)[de]	0.337 (0.003)[de]
1.2	8	18 (0.8)[d]	1.28 (0.01)[ef]	1.067 (0.01)[ef]	0.192 (0.001)[f]
1.2	12	14 (0.7)[ed]	1.07 (0.01)[f]	0.842 (0.01)[f]	0.117 (0.001)[fg]
1.2	16	12 (0.6)[e]	0.85 (0.01)[g]	0.675 (0.01)[fg]	0.081 (0.001)[g]

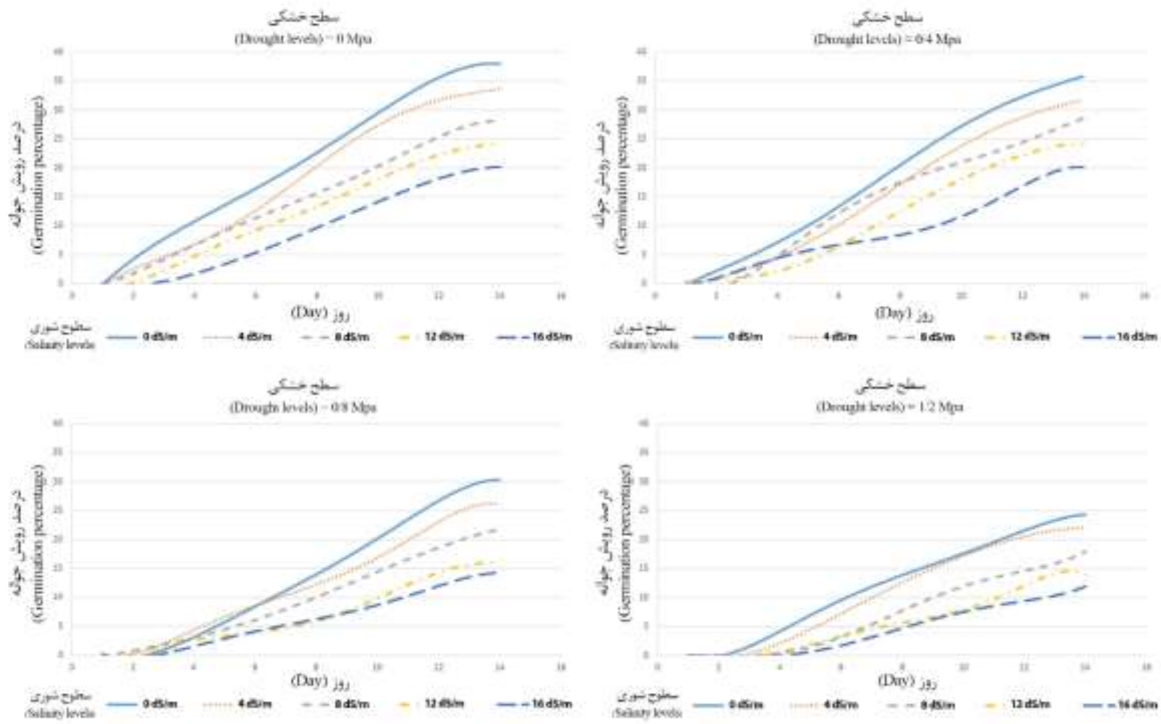
میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

با توجه به نتایج جدول ۶، جوانه‌زنی ریزوم قمیش با افزایش دما و افزایش تنش شوری و خشکی، کاهش پیدا کرد. سرعت جوان زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده اختلاف معنی‌داری را نسبت به نتایج حاصل از شرایط دمایی پایین‌تر از دمای بهینه داشت؛ اختلاف معنی‌دار بین بیشینه و کمینه درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در این دما از یک طرف و تفاوت سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده از طرف دیگر نشان می‌دهد که رویش ریزوم قمیش در دماهای بالاتر از دمای بهینه بیشتر و با سرعت سریع‌تری نسبت به دماهای پایین از دمای بهینه انجام می‌شود، پس می‌توان گفت این گیاه دمای بالاتر خاک را برای افزایش جوانه‌زنی در شرایط وجود و عدم وجود تنش به دماهای پایین‌تر ترجیح می‌دهد.

افزایش دمای خاک تأثیر مثبتی بر افزایش درصد جوانه‌زنی ریزوم قمیش نداشت اما توانست سرعت جوانه‌زنی آن را افزایش دهد (شکل ۵). در این دما ریزوم قمیش با سرعت بیشتری به حداکثر میزان جوانه‌زنی خود دست پیدا کرد و ۵۰ درصد حداکثر میزان جوانه‌زنی آن نسبت به سایر سطوح در مدت‌زمان کمتری پس از کشت تکمیل گردید. لذا این امر نشان می‌دهد که با افزایش دما سرعت متابولیسم ریزوم علف‌های هرز در تکثیر غیرجنسی افزایش پیدا می‌کند و همین امر منجر به افزایش سرعت رویش آن‌ها و افزایش رقابت آن‌ها با گیاهان زراعی در کشت همزمان آنان دارد (Guan *et al.*, 2008).

آزمایش جوانه‌زنی ریزوم قمیش در شرایط وجود تنش شوری و خشکی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (جدول ۷) نشان از کاهش بسیار زیاد درصد جوانه‌زنی و سایر شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی دارد و در این دما نیز همچون دمای ۵ درجه سانتی‌گراد ریزوم های گیاه به‌خوبی جوانه‌زنی انجام نداده‌اند. با توجه به اینکه نتایج نشان داد جوانه‌زنی ریزوم قمیش در دماهای بالاتر بیشتر خواهد بود، اما سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده در این شرایط دمایی بسیار کم بود و این گیاه با سرعت خیلی کند، درصد رویش کمی را داشت.



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد

Figure 5- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 25 ° C

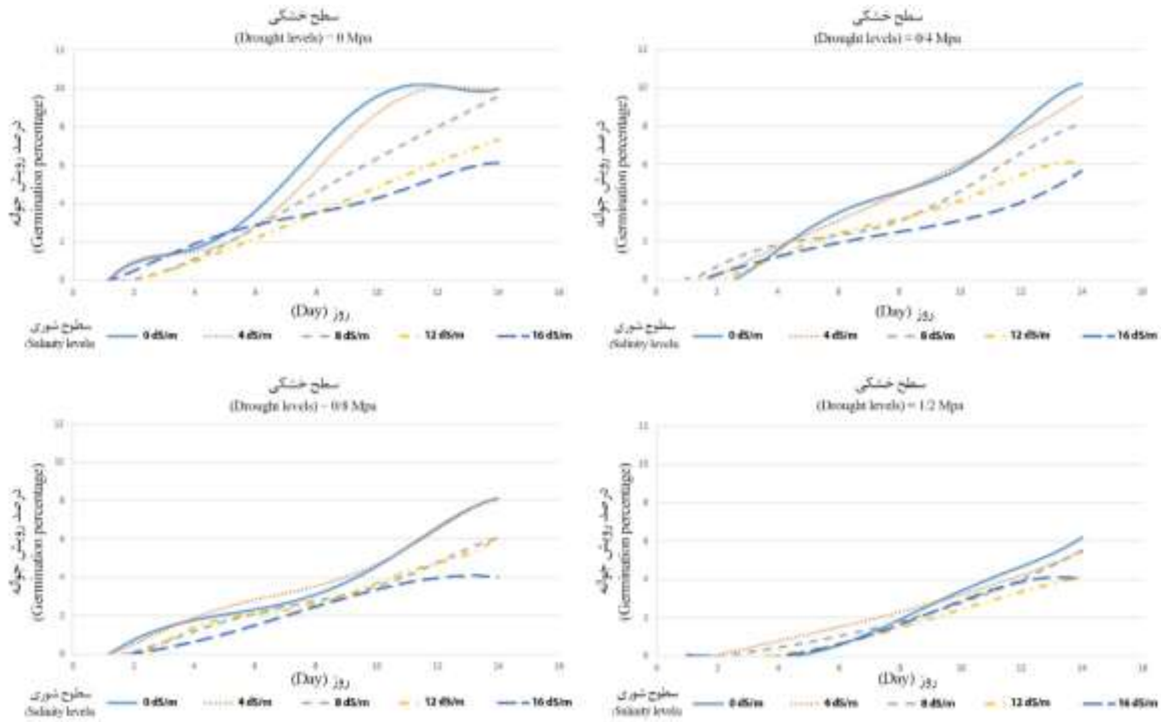
جدول ۷- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی روزانه، شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی تعدیل‌شده درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد

Table 7- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP), germination percentage day (GPD), germination rate index (GRI) and Weighted Germination Rate Index (WGRI) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 30 ° C

سطح خشکی Drought level(MPa)	سطح شوری Salinity level(dS.m)	درصد جوانه‌زنی (٪) SP	درصد جوانه‌زنی روزانه (٪) GPD	شاخص سرعت جوانه‌زنی GRI (seedling day^{-1})	شاخص سرعت جوانه‌زنی موزون شده WGRI (seedling day^{-1})
0	0	10 (1)^{a}	1 (0.11)^{a}	0.725 (0.01)^{a}	0.072 (0.001)^{a}
0	4	10 (1)^{a}	0.9 (0.1)^{a}	0.803 (0.01)^{a}	0.08 (0.001)^{a}
0	8	10 (1)^{a}	0.71 (0.08)^{b}	0.666 (0.008)^{ab}	0.066 (0.001)^{ab}
0	12	8 (0.8)^{b}	0.57 (0.07)^{c}	0.505 (0.006)^{b}	0.04 (0.001)^{c}
0	16	6 (.05)^{c}	0.5 (0.05)^{c}	0.559 (0.007)^{b}	0.033 (0.001)^{d}
0.4	0	10 (0.8)^{a}	0.76 (0.07)^{b}	0.688 (0.008)^{ab}	0.068 (0.001)^{ab}
0.4	4	10 (0.9)^{a}	0.71 (0.07)^{b}	0.682 (0.008)^{ab}	0.068 (0.001)^{ab}
0.4	8	8 (0.7)^{b}	0.61 (0.06)^{c}	0.626 (0.007)^{b}	0.05 (0.001)^{c}
0.4	12	6 (0.4)^{c}	0.5 (0.05)^{c}	0.458 (0.005)^{c}	0.027 (0.001)^{d}
0.4	16	6 (0.4)^{c}	0.42 (0.04)^{d}	0.421 (0.005)^{c}	0.025 (0.001)^{d}
0.8	0	8 (0.6)^{b}	0.61 (0.05)^{c}	0.626 (0.007)^{b}	0.05 (0.001)^{c}
0.8	4	8 (0.6)^{b}	0.61 (0.06)^{c}	0.644 (0.008)^{b}	0.051 (0.001)^{c}
0.8	8	6 (0.5)^{c}	0.46 (0.05)^{d}	0.438 (0.006)^{c}	0.026 (0.001)^{d}
0.8	12	6 (0.5)^{c}	0.46 (0.05)^{d}	0.438 (0.006)^{c}	0.026 (0.001)^{d}
0.8	16	4 (0.4)^{d}	0.4 (0.04)^{d}	0.30 (0.004)^{d}	0.012 (0.001)^{ef}
1.2	0	6 (0.6)^{c}	0.46 (0.05)^{d}	0.319 (0.004)^{d}	0.019 (0.001)^{e}
1.2	4	6 (0.5)^{c}	0.42 (0.04)^{d}	0.371 (0.005)^{cd}	0.022 (0.001)^{ed}
1.2	8	6 (0.4)^{c}	0.42 (0.04)^{d}	0.329 (0.004)^{d}	0.019 (0.001)^{e}
1.2	12	4 (0.3)^{d}	0.33 (0.03)^{e}	0.226 (0.003)^{e}	0.009 (0.001)^{f}
1.2	16	4 (0.3)^{d}	0.36 (0.04)^{ed}	0.233 (0.002)^{e}	0.009 (0.001)^{f}

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.



شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی درکشت ریزوم های قمیش در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد

Figure 6- Effect of different salinity and drought levels on Sprouting Percentage (SP) in cultivation of *A.donax* rhizomes at 30 ° C

افزایش دمای کشت ریزوم قمیش (۳۰ درجه سانتی‌گراد) روند غیر متعارف و نا منظمی را در درصد جوانه‌زنی نشان داد (شکل ۶)؛ با این حال افزایش تنش خشکی منجر به این گردید که سطوح مختلف تنش شوری اختلاف غیر معنی‌داری را نسبت به یکدیگر نشان دهند که همین امر حساسیت رویش این گیاه را نسبت به تنش خشکی بیش از پیش نشان می‌دهد.

نتایج برازش مدل لجستیک سه پارامتری، بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر درصد رویش ریزوم قمیش در جدول ۸ نشان داده شد. بر این اساس RS_{max} یا حداکثر درصد جوانه‌زنی با افزایش دما از ۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرد و پس از آن این روند تا رسیدن به دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نزول پیدا کرد و بیشترین مقدار آن مربوط به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و پس از آن دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود که عدم تفاوت معنی‌داری این پارامتر در این دو دما نشان دهنده آن است که دمای بهینه برای رویش ریزوم قمیش دمای بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

جدول ۸- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری بر درصد رویش ریزوم قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در دماهای مختلف

Table 8- Parameters of the effect of different salinity levels on the percentage of *A.donax* rhizomes growth based on a three-parameter logistic model at different temperatures

دما Temperature	RS_{max} (٪)	X_{50} (dS.m)	RS_{rate}	R^2_{adj}	RMSE
5	10 (1)^f	13.2 (0.8)^a	2.97	0.91	0.67
10	28 (2)^{cd}	11.8 (0.6)^{ab}	2.71	0.92	0.93
15	74 (4)^a	10.1 (0.5)^b	2.53	0.95	1.21
20	66 (4)^a	9.2 (0.3)^c	2.28	0.96	1.28
25	38 (3)^c	11.4 (0.3)^{ab}	1.92	0.92	0.98
30	10 (1)^f	12.5 (0.4)^a	1.89	0.88	0.76

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

پارامتر X_{50} یا مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر رویش ریزوم قمیش در شرایط تنش شوری در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری را به‌جز در دمای بهینه جوانه‌زنی (۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) درجه سانتی‌گراد نشان نداد. به عبارتی با افزایش دما از ۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به دمای بهینه جوانه‌زنی سرعت جوانه‌زنی افزایش پیدا کرد و ریزوم های قمیش در مدت‌زمان کمتری به ۵۰ درصد حداکثر رویش خود دست پیدا کردند و پس از آن با افزایش دما دوباره مقدار این پارامتر افزایش پیدا کرد؛ نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که علف‌های هرزی که از طریق اندام های غیرجنسی تکثیر می شوند در شرایط ایده آل برای جوانه‌زنی ازجمله دما، رطوبت و نور چون دارای ذخیره غذایی در اندام تولید مثلی می‌باشند و با این شرایط محیطی تطبیق پیداکرده اند، لذا با سرعت بیشتری نسبت به گیاهانی که از طریق بذر تکثیر می‌شوند جوانه زده و رشد پیدا می‌کنند (Alvarado and Bradford, 2002).

سانچز و همکاران (Sánchez *et al.*, 2017) در نتایج آزمایش تأثیر تنش شوری و خشکی بر شاخصه های رشد گیاه قمیش اعلام کردند افزایش شوری در محسط ریشه به علت افزایش اثر اسمزی باعث از دست رفتن آب سلولهای ریشه و ساقه می گردد و رشدگیاه را مختل می نماید؛ همچنین تنش خشکی نیز اثرات مشابهی را روی فیزیولوژی این گیاه می گذارد و منجر به کاهش رشد گیاه، تغییر نسبت ریشه به اندام هوایی و کاهش مصرف آب می گردد. این شرایط در حالتی که گیاه در دمای بهینه جوانه زنی و رشد باشد بیشتر نمود پیدا می کند و در سایر دماها گیاه تحت استرس دمایی نیز قرار می گیرد و محتوای سلولی گیاه تغییر پیدا می کند و اثرات متفاوتی از گیاه به نمایش در خواهد آمد.

جدول ۹- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف خشکی بر درصد رویش ریزوم قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در دماهای مختلف

Table 9- Parameters of the effect of different drought levels on the percentage of *A.donax* rhizomes growth based on a three-parameter logistic model at different temperatures

دما Temperature	RS_{max} (٪)	X_{50} (MPa)	RS_{rate}	R^2_{adj}	RMSE
5	12 (1)[f]	12.2 (0.8)[a]	1.29	0.90	0.58
10	26 (2)[cd]	10.8 (0.6)[b]	2.10	0.92	1.07
15	76 (5)[a]	9.1 (0.5)[c]	2.64	0.93	1.36
20	64 (4)[a]	9.8 (0.3)[c]	2.26	0.94	1.45
25	38 (3)[c]	11.6 (0.3)[ab]	1.73	0.88	0.99
30	10 (1)[f]	12.3 (0.4)[a]	1.19	0.85	0.84

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

نتایج برازش مدل لجستیک سه پارامتری، بررسی اثر سطوح مختلف خشکی بر درصد رویش ریزوم قمیش در جدول ۹ نشان داده شد. بر این اساس RS_{max} یا حداکثر درصد جوانه‌زنی همانند تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی، با افزایش دما از ۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرد و پس از آن این روند تا رسیدن به دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نزول پیدا کرد و بیشترین مقدار آن مربوط به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و پس از آن دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود که عدم تفاوت معنی‌داری این پارامتر در این دو دما با دیگر نشان دهنده دمای بهینه برای رویش ریزوم قمیش است.

پارامتر X_{50} یا مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر رویش ریزوم قمیش در شرایط تنش خشکی در دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد به‌نحوی‌که در دمای بهینه جوانه‌زنی (۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) اختلاف معنی‌داری بین این دو دما با یکدیگر وجود نداشت اما با سایر دماها اختلاف معنی‌دار بود. به عبارتی با افزایش دما از ۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به دمای بهینه جوانه‌زنی سرعت جوانه‌زنی افزایش پیدا کرد و ریزوم های قمیش در مدت‌زمان کمتری به ۵۰ درصد حداکثر رویش خود دست پیدا کردند و پس از آن با افزایش دما دوباره مقدار این پارامتر افزایش پیدا کرد.

کیوشی و هیوکوآ (Q-Shi and Cao-Hu, 2012) در تحقیقات خود بیان داشتند که طول گیاهچه حاصل از ریزوم، سرعت رشد، سطح برگ، زیست توده و کلروفیل گیاهچه *A. donax* با کاهش محتوای آب خاک کاهش می یابد. محتوای آب خاک تأثیر قابل توجهی در زمان زنده ماندن *A. donax* دارد، و هنگامی که مقدار آب خاک کمتر یا برابر با ٪۲۷/۸ ظرفیت زراعی بود *A. donax* از بین رفت. نتایج همچنین نشان داد غوطه وری در خاک بهترین شرایط رطوبت خاک برای رشد *A. donax* نبود و محتوای آب خاک از ٪۳۸/۹ تا ٪۴۴/۴ شرایط مطلوب رشد این گیاه بود؛ بنابراین گیاه قمیش به شرایط تنش خشکی بسیار حساس است و کاهش میزان

محتوای آب خام می تواند رشد و توسعه آن را مختل نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از کشت ریزوم قمیش در دماهای مختلف و تحت شرایط تنش شوری و خشکی نشان داد که رویش ریزوم این گیاه به‌شدت تحت تأثیر تنش‌های وارده قرار گرفت و افزایش میزان تنش منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی گردید. همچنین کشت ریزوم در دماهای مختلف منجر به تعیین دمای بهینه جوانه‌زنی برای گیاه قمیش مربوط به اکوتیپ موجود در نواحی شمال ایران گردید و نشان داد دمای مناسب برای جوانه‌زنی ریزوم این گیاه ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی تحت تنش‌های محیطی وارد شده نیز بیانگر این موضوع بود که تنش خشکی بیشتر از تنش شوری می‌تواند رویش جوانه‌های ریزوم قمیش را تحت تأثیر قرار دهد و به عبارات دیگر این گیاه به تنش خشکی حساسیت بالاتری دارد و تا حدودی به تنش شوری مقاوم است و شاید به همین علت است که فراوانی این گیاه در نواحی شمالی ایران بیشتر از سایر مناطق است. این گیاه در خاک هایی با زهکشی خوب که رطوبت فراوان در دسترس است، بهترین رشد را دارد و می‌تواند از لبه آب به سمت سواحل و بسیار فراتر از منطقه ای که قبلاً توسط پوشش گیاهان چوبی ساحلی اشغال شده بود گسترش یابد (Springer, 2005). همچنین مشاهده شد که قمیش بیشتر در جاهایی که سطح آب نزدیک به سطح خاک یا در نزدیکی آن قرار دارد، به‌خوبی رشد می‌کند که شاید علت آن حساسیت این گیاه به تنش خشکی باشد و از طرفی کلونی های کوچک این گیاه می‌توانند شوری بیش از حد را تحمل کنند اما در شرایط حضور گسترده آن‌ها در یک منطقه میزان تحمل به شوری در آنان کاهش پیدا می‌کند (Zuniga *et al*., 1983).

منابع

1. Abichandani, S.L. (2007). *The potential impact of the invasive species Arundo donax on water resources along the Santa Clara River: seasonal and diurnal transpiration*. University of California, Los Angeles P. 44.
2. Ahmad, R., Liow, P-S., Spencer, D.F., & Jasieniuk, M. (2008). Molecular evidence for a single genetic clone of invasive Arundo donax in the United States. *Aquatic Botany* 88: 113-120.
3. Alvarado, V., & Bradford, K.J. (2002). A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell and Environment 25*(8): 1061-1069. http://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00894.x.
4. Bell, G.P. (1997). Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. *Plant Invasions* 103-113.
5. Burke, I.C., Thomas, W.E., Spears, J.F., & Wilcur, J.W. (2003). Influence of environmental factor on after-ripened crowfootgrass (*Dactyloctenium aegyptium*) seed germination. *Indian Journal of Weed Science* 51: 342-347.
6. Chauhan, B.S., Gill, G., & Preston, C. (2006). Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. *Indian Journal of Weed Science* 54: 658–668.
7. Chaves, M.M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551–560. https://doi.org/10.1093/aob/mcn125.
8. Cosentino, S.L., Patanè, C., Sanzone, E., Testa, G., & Scordia, D. (2016). Leaf gas exchange, water status and radiation use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) in a changing soil nitrogen fertilization and soil water availability in a semi-arid Mediterranean area. *European Journal of Agronomy* 72: 56–69.
9. Decruyenaere, J.G., & Holt, J.S. (2005). Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae), in Southern California. *Plant Soil* 277: 41–52.
10. Else, J.A. (1996). *Post-flood establishment of native woody species and an exotic, Arundo donax, in a southern California riparian system*. MSc Thesis, San Diego State University, USA.
11. Fuller, T.C., & Barbe, G.D. (1985). The Bradley method of eliminating exotic plants from natural reserves. *Fremontia 13*(2): 24-26.
12. Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., & Wang, P. (2008). Germination responses of Medicago ruthenica seeds to salinity, alkalinity and temperature. J. *Arid Enviromental* 73: 135-138.
13. Hardion, L.,Verlaque, R., Baumel, A., Juin, M., Vila, B. (2012). Revised systematics of Mediterranean Arundo (Poaceae) based onAFLPfingerprints and morphology. *Taxon* 61: 1217–1226.
14. Haworth, M., Cosentino, S.L., & Marino, G. (2017). Physiological responses of *Arundo donax* ecotypes to drought: a common garden study. *GCB Bioenergy* 9: 132–143. https//doi.org/10.1111/gcbb.12348.
15. Herrera, A.M., & Dudley, T.L. (2003). Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. *Biological Invasions* 5: 167–177.
16. Holt, J.S., & Orcutt, D.R. (1996). Temperature thresholds for bud sprouting in perennial weeds and seed germination in cotton. *Indian Journal of Weed Science* 44: 523–533.
17. ISSG. (2007). Global Invasive Species Database (GISD). *Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species*

Survival Commission. Information website: http://www.issg.org.database.

18. Iverson, M.E. (1994). The impact of Arundo donax on water resources. In: Jackson, N.E., P.Frandsen, S. Douthit (eds.), November 1993 *Arundo donax* workshop proceedings: 19-25.
19. Johnson, M., Dudley, T., & Burns, C. (2006). Seed production in *Arundo donax*. *Cal-IPC News* 14: 12–13
20. Juneau, K.J., & Tarasoff, C.S., (2013). The seasonality of survival and subsequent growth of common reed (*Phragmites australis*) rhizome fragments. *Invasive Plant Science and Management* 6: 79- 86.
21. Kigel, J., & D. Koller. (1985). *Asexual reproduction f weeds*. P 65-100 in S. 0. Duke, ed. Weed Physiology. Vol. I. Reproduction and Ecophysiology. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
22. Michel, B.E., (1983). Evaluation of the water potentials of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiology* 72: 66-70.
23. Munns, R.M.T. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annu.Rev. *Plant Biology* 59: 651- 681.
24. Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: 273–288.
25. Rahman, H.O. (2006). *Examining the biology, ecology and weed management licorice*. Project Report. Scientific Research Council 124p. (In Persian with English abstract)
26. Sánchez, E., Scordia, D., Lino, G., Arias, C., Cosentino, S.L., & Nogués, S. (2017). Salinity and water stress effects on biomass production different Arundo Donax. *Journal of Experimental Botany* 52: 258–281.
27. Shea, K., & Chesson, P. (2002). Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 170–176.
28. Shi, Q.Y., & Cao, H.H. (2012). Effects of Drought Stress on Stalk Germination and Seedling Growth of *Arundo donax*. *Research of Soil and Water Conservation. Information website*: http://en.cnki.com.cn
29. Soerjani, M., & Soemarwoto, O. (1969). Some factors affecting the germination of alangalang (Imperata cylindrica) rhizome buds. *Pacific Science Association 3*(15): 376-380.
30. Springer, T.L. (2005). Germination and early seedling growth of chaffy-seeded grasses at negative water stress. Crop *Sciences* 45: 2075-2080.
31. Steinmaus, S.J., Prather, T.S., & Holt, J.S. (2000). Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51: 275–286. https://doi.org/10.1093/jexbot/51.343.275.
32. Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. *Invasive Plant Science and Management Botany* 91: 503–512. https://doi.org/10.1093/aob/mcg058.
33. USDA-ARS. (2014). Germplasm Resources Information Network (GRIN). Online Database. Beltsville, Maryland, USA: *National Germplasm Resources Laboratory*. Information website: https://Npgsweb.ars-grin.gov.gringlobal.taxon.taxonomysearch.aspx.
34. Valli, F., Trebbi, D., Zegada-Lizarazu, W., Monti, A., Tuberosa, R., & Salvi, S. (2017). In vitro physical mutagenesis of giant reed (*Arundo donax* L.). *GCB Bioenergy* 9: 1380–1389. https://doi.org/10.1111/gcbb.12458.
35. Wijte, A.H.B.M., Mizutani,T., Motamed, E.R., Merryfield, M.L., &Alexander, D.E. (2005). Temperature and endogenous factors cause seasonal patterns in rooting by stem fragments of the invasive Giant Reed, *Arundo donax* (Poaceae). *International Journal of Plant Sciences* 166: 507–517.
36. Zuniga, G.E., Argandona, V.H., Niemeyer, H.M., & Corcuera, L.J. (1983). Hyroxamic content in wild and cultivated Gramineae. *Phytochemistry 22*(12): 2665-2668.